Não-Alague - Um aplicativo que integra multiagentes e mapeamento colaborativo para indicar pontos de alagamento na cidade do Rio de Janeiro

Rafaela de Castro do Nascimento, Rosa Maria E. Moreira da Costa

Universidade do Estado do Rio de Janeiro – UERJ,
IME – Dept de Informática e Ciência da Computação
Rio de Janeiro, RJ – Brasil

rafaela00castro@gmail.com, rcosta@ime.uerj.br

Abstract. *Smartphones currently have a variety of features, such as camera and GPS, to register and share information based on geolocation. With the intention of exploring these characteristics and in the absence of an efficient resource that helps the population of Rio de Janeiro during heavy rains to identify flooding points, this paper describes the integration of multi-agent approaches and collaborative mapping to indicate these points using smartphones. The assessment results showed the interest of participants to collaborate in providing floods information, as well as in receiving this information.*

Resumo. *Atualmente, os smartphones possuem diversos recursos, como câmera e GPS, que registram e compartilham informações baseadas em geolocalização. Com a intenção de explorar essas características e diante da ausência de um recurso eficiente que auxilie a população da cidade do Rio de Janeiro a identificar pontos de alagamento, durante as ocorrências de fortes chuvas, este trabalho descreve a integração das abordagens de multiagentes e mapeamento colaborativo para indicar esses pontos usando smartphones. A avaliação apontou o interesse dos participantes em colaborar no fornecimento das informações sobre os alagamentos, assim como no recebimento dessas informações.*

1. Introdução

A internet cria a cada dia novas perspectivas de comunicação e interação entre as pessoas. De acordo com Shirky (2011), "a internet permite que de forma colaborativa os indivíduos antes isolados se unam para grandes realizações". Nesse cenário, diversas ferramentas fomentam o compartilhamento de opiniões, experiências, produtos e serviços. Nos últimos anos, houve intenso engajamento na criação e compartilhamento de informações geográficas pela Web. Para esse caso especial de conteúdo produzido por uma ampla rede de observadores, Goodchild (2010) cunhou o termo *Volunteered Geographic Information* (VGI). Novas oportunidades são criadas com a disseminação do VGI, incluindo a oportunidade dos cidadãos contribuírem ativamente com seu conhecimento, fato antes reservado a empresas especializadas [Haworth,2016].

Uma das razões para o aumento da difusão desses dados atrelados à geolocalização pelos usuários foi a evolução do poder computacional dos smartphones. Esses dispositivos são equipados com recursos necessários para captura de dados, reconhecimento da posição geográfica e compartilhamento de dados. Os smartphones já estão incorporados no dia a dia das pessoas, sendo mais de 2,5 bilhões de usuários acessando redes sociais, produzindo e consumindo cada vez mais informação. Atualmente, mais da metade do tráfego na web tem origem nos celulares [Kemp,2017]. Logo, existem mais usuários conectados à internet no celular do que em seus computadores desktop.

Com a popularização dos dispositivos móveis, muitos aplicativos são criados para atender diversas necessidades em vários domínios. No entanto, para Rocha et al. (2013) poucas são as aplicações, sejam elas para plataforma móvel ou web, voltadas para o relato de problemas nas áreas urbanas em relação à segurança pessoal e apoio em situações de risco.

Em relação às tecnologias utilizadas, destaca-se a abordagem de multiagentes e segundo Bellifemine, Caire e Greenwood (2007) as aplicações em rede têm se mostrado ser um espaço apropriado para sua exploração devido a sua natureza distribuída e ao grande volume de informação disponível. As capacidades individuais dos agentes, tais como autonomia e sociabilidade, suportam a comunicação entre eles para alcançar objetivos.

Por outro lado, um problema recorrente na área urbana da cidade do Rio de Janeiro são os alagamentos, consequências das intensas chuvas e favorecidos pela insuficiente rede de galerias pluviais e pela redução da infiltração natural do solo. Com as ocorrências de alagamento, vias da cidade são interditadas causando grandes transtornos à população, como quilômetros de engarrafamento, e até mesmo acidentes. Para notificar a população carioca, a Prefeitura usa as redes sociais do Alerta Rio (2018), que é um serviço oferecido pela prefeitura, que monitora as condições de tempo, emitindo alertas em caso de chuvas intensas no município.

A própria população demonstra um papel ativo e colaborativo informando as condições das vias em tempo real nas redes sociais, principalmente no Twitter, e no aplicativo de trânsito e navegação Waze [Waze,2018]. No entanto, a forma como a informação é disponibilizada nessas redes sociais não é muito acessível. Para uma pessoa encontrar uma via alagada que esteja próximo a ela, ou de um local que ela tenha interesse, é necessário um processo de busca trabalhoso visto que os dados não são categorizados, por bairros ou ruas. Nesses casos, e sem uma estrutura definida para reportar os eventos, o uso de filtros para encontrar a informação desejada não é eficiente. No caso do Waze, ele desempenha um papel importante na capacidade de antecipar seus usuários dos perigos reportados nas vias. No entanto, como é um aplicativo destinado a um nicho específico - motoristas – ele não é a solução ideal para pedestres.

Diante deste contexto, o objetivo desse trabalho é apresentar o processo de desenvolvimento de um aplicativo que integra mapeamento colaborativo e a abordagem multiagente para indicar pontos de alagamento na cidade do Rio de Janeiro durante as ocorrências de chuvas. Dessa forma, a proposta desse aplicativo é atenuar os transtornos enfrentados pela população da cidade em dias de alagamento, servindo de apoio para

que as pessoas possam escolher a melhor rota, de forma que se mantenham em segurança e longe dos perigos associados a essas situações.

Para atingir esse objetivo, após esta Introdução que contextualizou o problema, este artigo apresenta a seguinte organização: a seção 2, que descreve o conceito e as motivações da cultura da participação, com destaque para o mapeamento colaborativo; a seção 3 que apresenta conceitos, características e aplicações de sistemas baseados em agentes; na seção 4 é discutida a questão dos alagamentos e seus desdobramentos na cidade do Rio de Janeiro. A seção 5 descreve trabalhos relacionados à temática de mapeamento colaborativo, além de uma análise comparativa das tecnologias utilizadas nesses trabalhos. Na seção 6 são apresentados aspectos e funcionalidades do aplicativo proposto, ressaltando os requisitos, a especificação do sistema e o processo de desenvolvimento, seguida pelos resultados de uma avaliação. Por fim, são apresentados os comentários finais e as referências.

2. A cultura da participação

Atualmente, os indivíduos vivem em um cenário onde compartilhar conhecimentos, fotos e notícias é um comportamento normal. Esse cenário contrasta com o que acontecia há alguns anos atrás, onde o comum era consumir informação produzida por uma minoria, ou seja, os indivíduos eram espectadores. Com a difusão dos *smartphones*, as pessoas mudaram da posição de espectadores para a de colaboradores. Isso porque agora existem meios pelos quais pessoas comuns podem produzir seu próprio conteúdo usando *Blogs, Twitter,* sites pessoais ou *Facebook*, e compartilhá-lo de forma global. Um exemplo do alcance da cultura da participação é a possibilidade de plataformas online (*apps* e *sites*) tornarem-se "virais" atingindo 50 milhões de usuários apenas 7 dias, como aconteceu com o How-Old.net da Microsoft. Para atingir esse mesmo marco, telefone, rádio e TV levaram 75, 38 e 13 anos, respectivamente [O'Reilly,2015].

2.1 Contribuição voluntária e mapeamento colaborativo

A possibilidade de criar conteúdo *online* mais facilmente, e a ampla disponibilização de aparelhos móveis com localizadores e mapas *online*, intensificou o fenômeno de compartilhamento de informação geográficas pela grande massa de usuários. Inicialmente referenciado por Goodchild como *Volunteered Geographic Information* (VGI) [Gooldchild,2010], existem outros termos para descrever esse fenômeno, tais como, *Ambient Geographic Information* [Stefanidis,2013] e *Citizen-contributed Geographic Information* [Spyratos,2014]. Como forma de agrupar os termos ao analisar as informações geográficas produzidas por uma grande variedade de pessoas, Haklay et al.(2014) e See et al. (2016) adotam o termo Compartilhamento de Informações Geográficas.

Um dos potenciais do VGI está na oportunidade das pessoas atuarem como "sensores" observando parâmetros de uma ocorrência de crise no próprio local ou próximo a ele [Truong,2017]. A crescente aceitação do uso desses dados gerados por voluntários, ou seja, cidadãos comuns, é baseado "[...] na noção que a informação obtida através da massa de muitos observadores é provável que seja mais próxima da verdade do que a informação obtida por um observador" [Gooldchild,2010]. Contudo, é necessário meios para agrupar todas as informações geradas pelos voluntários de forma que agregue real valor para outros usuários.

Várias plataformas oferecem a criação de mapas colaborativos, como o Crowdmap (2018), Wikimapia (2018) e OpenStreetMap (2018) e têm se difundido como uma forma eficiente para compartilhar e potencializar as informações geradas por voluntários. Segundo Meier (2018), um mapa atualizado em tempo real dá uma noção imediata da situação, além de prover uma perspectiva visual da evolução dos acontecimentos no tempo e espaço.

Alguns exemplos do uso de mapas colaborativos foram vistos pelo mundo em casos de crises naturais ou humanitárias. Um desses exemplos foi no episódio de violência étnica depois das eleições presidenciais do Quênia em 2008, onde centenas de pessoas morreram e milhares deixaram suas casas para fugir dos conflitos. Os cidadãos quenianos podiam reportar através da plataforma Ushahidi casos de violências que testemunhassem e assim, documentar a violação dos direitos humanos [Meier,2012].

Outros casos do uso de mapeamento gerado a partir de VGI foram as ocorrências de terremotos no Haiti (em 2010), no Japão (em 2011) e mais recentemente, no Nepal (em 2015), onde atividades foram coordenadas usando o OpenStreetMap para fornecer mapas detalhados com informações que poderiam ser usados pelas organizações humanitárias na localização de pessoas em risco [Poiani,2016]. No entanto, segundo Haworth (2016) é necessário desenvolver abordagens mais flexíveis para envolver uma base mais ampla e diversificada de voluntários, e buscar novos modos de colaboração entre setores públicos, privados e voluntários, para tornar o VGI mais efetivo, confiável e significativo na gestão de desastres e desenvolvimento comunitário.

3. Agentes Inteligentes

Segundo Russell e Norvig (2013), um agente é capaz de perceber o ambiente onde se localiza através dos seus sensores, e utiliza seus atuadores para agir sobre esse ambiente de acordo com as percepções adquiridas. Já para Wooldridge (2009) um agente é um sistema computacional que está situado em algum ambiente e que nele é capaz de realizar ações autônomas, a fim de cumprir seus objetivos.

Os agentes podem ter diferentes funções de acordo com os domínios da aplicação [Wooldridge,2009]. No entanto, os autores possuem um entendimento comum de que autonomia é um conceito inerente aos agentes de software. Ou seja, o agente é capaz de agir usando suas próprias percepções e decisões com o objetivo de realizar uma determinada tarefa, sem a intervenção humana.

Como, em geral, as tarefas são complexas, são necessários vários agentes para realizá-las, formando os sistemas multiagentes.

3.1 Sistemas Multiagentes

Sistemas multiagentes são sistemas computacionais que possuem uma coleção de agentes autônomos interagindo entre si visando à resolução de um problema, ou a execução de uma tarefa. Para que esse tipo de abordagem funcione, é necessário usar não somente as capacidades individuais dos agentes vistas anteriormente. Habilidades de cooperação (trabalhar em conjunto para um objetivo comum), coordenação (organizar a resolução do problema de modo que interações prejudiciais sejam evitadas ou interações benéficas sejam exploradas) e negociação (chegar a um acordo que seja aceitável para todas as partes envolvidas) também precisam ser exploradas pelos agentes [Wooldridge,2009].

Assim, para a implementação de sistemas multiagentes é preciso considerar as capacidades individuais de cada agente, que é especializado em uma tarefa particular, e como eles podem trabalhar juntos para atingir um objetivo comum. Logo, os agentes precisam se comunicar e ter a capacidade de executar as ações de forma conjunta para alcançar as metas estabelecidas para o sucesso das tarefas.

Ao longo dos anos, novas pesquisas vêm sendo realizadas na área de agentes autônomos e sistemas multiagentes. De acordo com Jain, An e Tambe (2012) algumas áreas, como sustentabilidade e segurança dos indivíduos, estão recebendo o foco dessas pesquisas para possibilitar o desenvolvimento de aplicações práticas e reais.

4. Alagamentos e suas consequências na cidade do Rio de Janeiro

A cidade do Rio de Janeiro, que no panorama atual possui mais de 6 milhões de habitantes distribuídos em uma área de mais de 1.200 km^2 [IBGE,2018], é comumente atingida por intensas chuvas, principalmente entre os meses de novembro a março. Nesse período, que engloba também os meses do verão, uma das consequências das fortes chuvas são os alagamentos urbanos. A ocorrência desse fenômeno gera muitos transtornos para a população carioca, desde intensos engarrafamentos até acidentes que ocasionam prejuízos materiais e/ou humanos. Para Barcellos (2009), as peculiaridades do revelo carioca "[...] contribuem para a grande variabilidade espaço-temporal da precipitação" que ocorrem na cidade.

4.1 Sistema Alerta Rio

A Prefeitura do Rio de Janeiro desenvolveu o sistema Alerta Rio (2018) para monitorar e identificar, com antecedência, as condições das precipitações com o objetivo de alertar a população sobre chuvas intensas e deslizamento em encosta. O sistema foi criado em 1996 e possui 33 estações pluviométricas localizadas em pontos estratégicos da cidade que coletam dados pluviométricos e climáticos em tempo real, a cada 15 minutos. Esses dados sobre as previsões e condições das chuvas são disponibilizados em uma página web. A divulgação dos alertas do sistema da prefeitura é feita pelo *Twitter*. No entanto, não existe uma forma de divulgação eficiente para a população carioca sobre os locais impactados pelas fortes chuvas, indicando os pontos de alagamentos ou deslizamento de encosta, uma vez que as informações enviadas via *Twitter* não são categorizadas (agrupadas por bairro, por exemplo).

Diante do exposto, este trabalho visa suprir essa lacuna, propondo um meio que integre acesso à informação dos pontos de alagamentos a outros conceitos e tecnologias, como a cultura da participação, mapeamento digital e Agentes. A seguir, é apresentada uma breve revisão de alguns trabalhos que abordam o uso de mapas digitais atrelados ao VGI, e outras tecnologias para exibição de informações relevantes.

5. Trabalhos Relacionados

Nesta seção são apresentados alguns trabalhos relacionados à temática de mapeamento colaborativo, que exploram a participação dos indivíduos.

Santana et al. (2016) apresentam o projeto Info-Dengue, que explora abordagens de VGI, composto por um Portal Web e um aplicativo móvel, onde o cidadão pode registrar, comentar e compartilhar denúncias sobre locais com focos de dengue. Foram

utilizadas as bibliotecas do Google Maps e do Facebook para visualizar as denúncias no mapa geográfico e compartilhá-las via redes sociais.

O projeto VGI-Pantanal, desenvolvido por Souza et al. (2012), é um sistema web colaborativo onde os cidadãos podem contribuir com informações sobre o complexo do Pantanal, como a fauna, flora, crimes ambientais, exploração de animais silvestres, desmatamento, entre outras. Utiliza a Application Programming Interface (API) do Google Maps para fornecer o mapa e imagens da região.

Outro exemplo de sistema colaborativo é o Pontos de Alagamento da cidade de São Paulo. Seu esquema conceitual foi elaborado por Hirata et al. (2013) com o intuito de ser um sistema dinâmico e colaborativo de mapeamento dos pontos alagados na cidade. O aplicativo foi implementado usando a plataforma livre Crowdmap/Ushahidi para geração de mapas colaborativos e disponibilização via Web. Nessa plataforma web ou na mobile os usuários podem criar, visualizar e compartilhar relatos por meio de mapas. Além dessas características, neste caso, os usuários definem a categoria da situação relatada de acordo com a classificação de alagamento definida pelo Centro de Gerenciamento de Emergência (CGE) de São Paulo: transitável, intransitável e inativo.

Por último, um sistema idealizado por Furtado et al. (2008) que buscou ser uma alternativa frente às informações monopolizadas pelas instituições policiais sobre as ocorrências de crimes no Brasil. A ideia do WikiCrimes foi fornecer um ambiente colaborativo para que as pessoas possam relatar e ficarem cientes de onde acontecem os crimes em sua região. As informações disponibilizadas em um mapa vão desde a localização geográfica até a tipificação do crime (roubo, furto, e outros tipos). Com isso, o objetivo do sistema foi dar mais transparência e publicidade as informações criminais, além de prover um meio de prevenção aos cidadãos.

A Tabela 1 apresenta uma análise comparativa desses trabalhos, destacando algumas características referentes a cada um dos sistemas desenvolvidos. Algumas observações são importantes mencionar, pois foram fundamentais para a concepção da aplicação desenvolvida.

Tabela 1 - Análise comparativa dos trabalhos correlatos destacando as tecnologias utilizadas

	InfoDengue	VGI-Pantanal	Pontos de Alagamento	WikiCrimes
Plataforma	Web/Móvel (Andróide)	Web	Web/Móvel	Web
Linguagem de programação	PHP/JavaScript	PHP	PHP	Java
Visualização em Mapa	API Google Maps	API Google Maps	Crowdmap/ Ushahidi	API Google Maps
Armazenamento de dados	MySQL	MySQL	MySQL	MySQL
Abordagem multiagente	Não	Não	Não	Sim

Alguns estudos mais recentes mostram que uma possível alternativa para persistências de dados envolvendo dispositivos móveis são os bancos de dados NoSQL (Not only SQL) [Fotache,2013], [Pèrez Blanco,2013]. Isto porque as aplicações no ambiente mobile, principalmente, as que são fundamentadas na cultura da participação,

geram grandes volumes de dados. E por serem dispositivos com menores recursos computacionais, precisam que as requisições por dados não sejam um gargalo para o desempenho da aplicação. Diante dessa questão, alguns aspectos dos bancos de dados relacionais como o MySQL utilizado nos trabalhos analisados, representam um custo de processamento alto para os dispositivos móveis [Miguel,2013].

Considerando os trabalhos e as observações descritas, percebeu-se a necessidade de criar um sistema de mapeamento colaborativo voltado para dispositivos móveis. Outro aspecto importante considerado a partir dos estudos realizados, foi o uso de tecnologias que busquem facilitar a evolução (escalabilidade) do produto inicial, como as abordagens NoSQL e multiagentes. A próxima seção apresenta as descrições das tecnologias utilizadas na modelagem e implementação do aplicativo Não-Alague.

6. Aspectos e funcionalidades do aplicativo "Não-Alague"

Para ter uma melhor compreensão do sistema é importante identificar os requisitos que o aplicativo deve atender para atingir seu objetivo: mapeamento colaborativo em dispositivos móveis. Os requisitos funcionais (diretamente ligados às funcionalidades do sistema) são: [RF –01] O sistema deve permitir o cadastramento de novos usuários, solicitando pelo menos, e-mail, *username* e senha; [RF – 02] O sistema deve possibilitar a inserção de relatos de pontos de alagamento somente por usuário cadastrados. O usuário precisa informar o nome da rua e bairro da cidade do Rio de Janeiro, ou permitir que o sistema capture a sua localização; [RF – 03] O sistema deve informar os pontos vulneráveis a alagar com base em ocorrências anteriores, caso esteja chovendo na localidade pesquisada. Todos os usuários podem consultar as ocorrências de alagamento; [RF – 04] O sistema deve possibilitar a alteração da condição dos alagamentos somente por usuários cadastrados. O usuário com permissão pode confirmar se um ponto está realmente alagado, ou inativar, caso a ocorrência tenha sido encerrada devida a cessão da chuva; [RF – 05] O sistema deve impedir que o usuário autorizado insira novos relatos de alagamento, ou altere sua condição para ativo, se não estiver chovendo.

Os requisitos não funcionais (qualidades e condições que o sistema deve ter em relação a desempenho, manutenção, segurança e outros) relacionam-se ao banco de dados escolhido, a exibição dos pontos de alagamento em mapas, ao uso de algoritmo de criptografia para as senhas, dentre outros itens associados à segurança. O processo de levantamento dos requisitos não funcionais considerou os trabalhos correlatos e o cenário tecnológico atual. Os requisitos não funcionais são: [RNF – 01] O sistema deve ser disponibilizado em ambientes móveis; [RNF – 02] O banco de dados utilizado deverá ser NoSQL; [RNF – 03] As localizações dos pontos de alagamento devem ser exibidas em um mapa; [RNF – 04] Deve ser aplicado um algoritmo de hash para criptografar a senha antes de ser armazenada no banco de dados; [RNF – 05] Para prover uma autenticação mais segura, o username usado para o login do usuário não pode ser seu e-mail.

São dois os possíveis usuários do sistema: o usuário sem registro, que pode consultar o aplicativo; e o usuário com registro, que além de consultar, pode registrar pontos de alagamento. A Figura 1 apresenta o Diagrama de Casos de Usos.

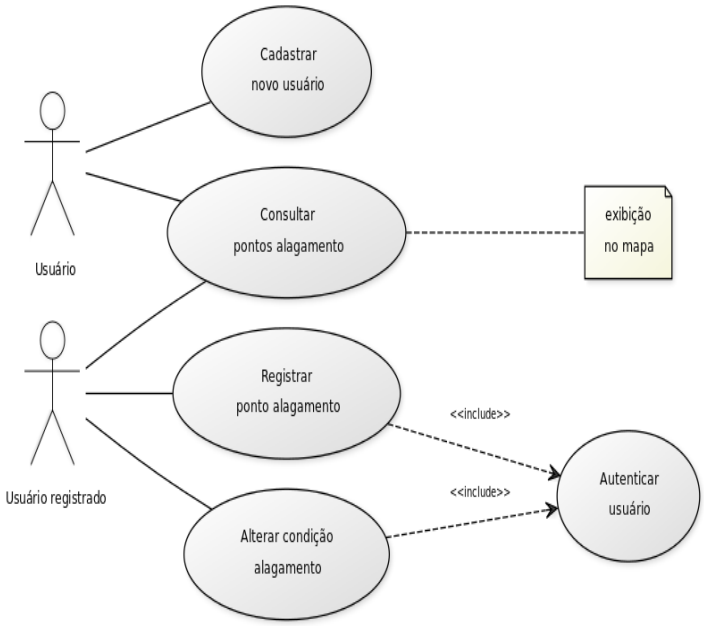

Figura 1: Diagrama de Casos de Uso do sistema Não-Alague

6.1 Especificação do aplicativo "Não-Alague"

A Tabela 2 exibe a especificação tecnológica do sistema. Com o intuito de justificar as decisões tomadas para o desenvolvimento do aplicativo proposto, em seguida são apresentadas informações sobre cada tecnologia escolhida.

Tabela 2 - Especificação das tecnologias

Características	Não-Alague
Plataforma	Móvel (Android)
Linguagem de programação	Java e XML
Visualização em Mapa	API Google Maps
Armazenamento de dados	MongoDB
Abordagem multiagente	Sim

Para a escolha da plataforma móvel consideramos que a grande maioria dos smartphones no Brasil utiliza a plataforma Android [Ciriaco,2017].

As aplicações nativas Android têm um paradigma de programação diferente das aplicações voltadas para web. Uma diferença é o conceito de activity, que de acordo com Macalão (2013), é um dos principais elementos de uma aplicação Android, que representa uma tela do aplicativo, sendo a responsável por tratar eventos, como por exemplo, um clique. Com isso, para cada tela da aplicação existirá uma activity para controlar seu estado e eventos.

Para o desenvolvimento do aplicativo foi escolhido o ambiente ADT (Android Development Tool) baseado no Eclipse, uma difundida IDE (Integrated Development Environment) da linguagem Java.

Tanto no projeto VGI-Pantanal [Souza,2012], quanto no projeto WikiCrimes (Furtado,2008) a API do Google Maps foi utilizada para exibição do mapa em suas aplicações web. Uma das razões por ter escolhido o Google Maps no aplicativo proposto, foi por ser desenvolvido e mantido pela Google, assim como a plataforma Android. Desta forma, existe a facilidade de construir aplicações Android integradas ao Google Maps que usufruem da localização do Global Positioning System (GPS), com poucas linhas de código [Lecheta,2010].

Outras duas funcionalidades da API do Google Maps foram utilizadas no sistema. Uma delas é a funcionalidade de markers (marcadores). Essa funcionalidade permite que os usuários possam interagir com o mapa, adicionando marcadores em qualquer local de seu interesse. Os marcadores foram usados no aplicativo para indicar os pontos de alagamento assinalados/visualizados pelos usuários. O outro serviço oferecido pela API do Google Maps utilizado foi o geocoding. Esse serviço identifica os endereços em coordenadas geográficas (latitudes e longitudes). A integração dessas duas funcionalidades da API possibilitou o mapeamento colaborativo.

As aplicações pautadas na cultura da participação geram grandes volumes de dados. De acordo com Fotache e Cogean (2013), o MongoDB, um tipo de banco NoSQL baseado em documento, pode ser usado com sucesso na implantação de aplicativos móveis em Android e facilita as consultas por dados baseados em localização, uma vez que trabalha com indexação geoespacial. Por essas razões, adotou-se o MongoDB para o armazenamento das contribuições dos usuários do aplicativo.

Para desenvolver aplicações voltadas para dispositivos móveis é necessário considerar as limitações que esses dispositivos têm em relação aos computadores e notebooks, tais como: menor poder de processamento, baixa capacidade de memória, tempo útil de bateria limitado. Outro fator são as características das conexões das redes sem fio (wireless) que têm alta latência, atrasos de transmissão e baixa largura de banda, especialmente quando há grande número de usuários. Com isso, o uso da abordagem multiagente torna-se promissor na tentativa de reduzir esses problemas. Esta abordagem foi implementada usando a plataforma JADE (2018), concebida para facilitar o desenvolvimento de aplicações distribuídas com base no paradigma de agentes. Essa plataforma possui um modo de execução chamado de split container, que otimiza todos os mecanismos de comunicação ao lidar com dispositivos com recursos limitados e conectados por meio de rede sem fio [Ughetti,2008]. Ela possui algumas outras características que motivaram a sua escolha para o desenvolvimento do aplicativo: é open source, utiliza a linguagem de programação Java e possui extensão para utilizar os agentes em dispositivos móveis.

6.2. Arquitetura

A Figura 2 ilustra a representação da arquitetura proposta. Nela pode-se visualizar a integração entre agentes e os outros componentes do sistema. Em uma perspectiva de alto nível, é possível observar dois módulos: cliente e servidor. O módulo cliente refere-se as *n* pessoas que podem usar o aplicativo em seus *smartphones*. Esse módulo contém a implementação do aplicativo, onde reside o agente Android. No módulo servidor existem três agentes - agente de interface, agente monitorador e agente controlador - cada um responsável por executar atividades macros independentes. O processo de comunicação entre os agentes é realizado por meio da troca de mensagens em uma arquitetura de comunicação assistida, devido à presença de um agente facilitador (agente de interface).

A estrutura das mensagens trocadas pelos agentes na plataforma JADE atende a *Agent Communication Languague* (ACL) definida pela FIPA [JADE,2018].

Uma descrição mais detalhada sobre os agentes é apresentada a seguir:

- Agente de interface: esse agente atua como uma interface de comunicação entre os agentes que atuam nos dispositivos móveis dos usuários e o sistema multiagentes do lado servidor;
- Agente monitorador: essa agente monitora a previsão e as condições de chuva colhendo dados do *site* do sistema Alerta Rio da Prefeitura da cidade do Rio de Janeiro. Um dos dados coletados são as medições pluviométricas realizadas em 33 pontos na cidade do Rio de Janeiro, atualizadas em intervalos de 15 minutos;
- Agente controlador: esse agente é responsável por manter a base de dados atualizada. Assim, esse agente persiste, no banco de dados não relacional MongoDB, os dados referentes aos usuários do sistema, bem como os pontos de alagamento e suas ocorrências;
- Agente android: esse agente é executado nos aplicativos dos usuários quando estes acessam o sistema. Interage com o agente de interface para obter as informações necessárias sobre os alagamentos.

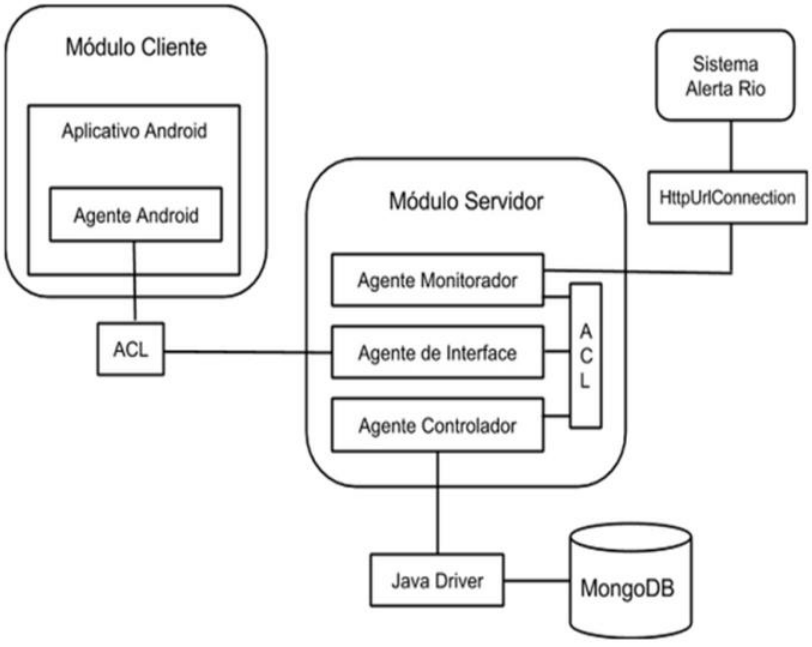

Figura 2: Representação da arquitetura do sistema

Com base na definição da arquitetura foi possível identificar as possíveis interações entre os agentes e os demais componentes do sistema. Para modelar essas interações na abordagem de agentes, optou-se por usar a Agent Unified Modeling Language (AUML).

A AUML é uma linguagem de modelagem gráfica proposta como uma extensão da Unified Modeling Language (UML), esta última voltada para o paradigma de

orientação a objeto. O uso da AUML pode ser visto em outros trabalhos [Duran-Faundez,2015], [Gatti,2007], que serviram como motivação para a sua escolha. Neste trabalho foram usados dois diagramas dessa metodologia: o diagrama de classes, que dá uma visão estática dos agentes (Figura 3), e o diagrama de protocolo de interação, que descreve um padrão de comunicação com uma sequência de mensagens trocadas entre os agentes.

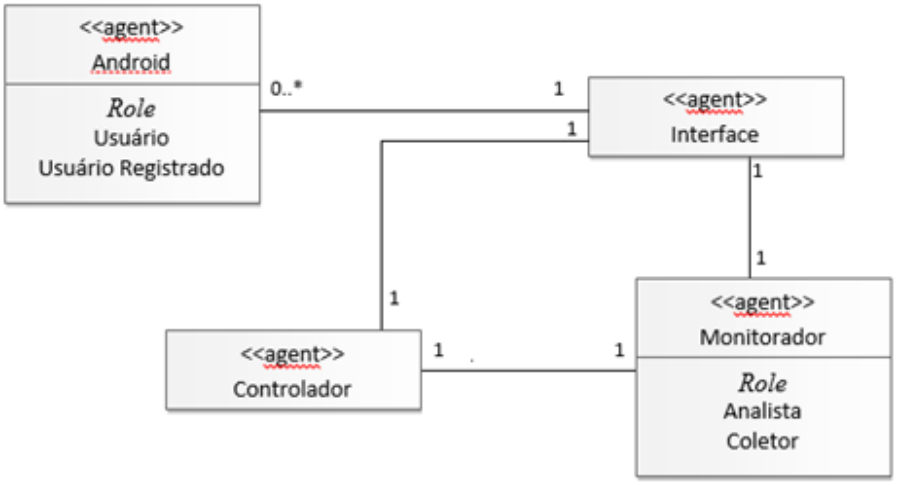

Figura 3 - Visão simplificada do diagrama de classe AUML

O agente Android pode executar dois papéis: usuários em geral e usuários registrados, sendo o agente de interface responsável por suprimir as restrições do usuário, após verificação de autenticação, permitindo que o agente Android interaja como um usuário registrado. O agente Monitorador também possui papéis diferenciados. Quando o agente Monitorador executa como analista, ele é responsável por fazer a análise da previsão do tempo. Já no papel de coletor, ele é responsável por coletar informações das 33 estações pluviométricas. Ambos os dados são analisados e coletados por meio do monitoramento do site do sistema Alerta Rio.

6.2 Implementação do aplicativo Não-Alague

A partir da definição da arquitetura e da modelagem dos componentes foi implementado o aplicativo Não-Alague.

O aplicativo é composto por duas partes: o projeto Não-alague-main contém os agentes que rodam no main container no módulo do servidor. Já o projeto Não-alague-app, além do pacote que contém todos os arquivos necessários para execução de um aplicativo Android, também contém um pacote com os arquivos necessários para executar o agente Android.

Para exemplificar o funcionamento do aplicativo optou-se por implementar as funcionalidades cernes em relação as interações dos usuários. Com isso, foram escolhidos os agentes Android e Controlador, que residem em containers distintos, e são responsáveis por refletir as intenções dos usuários em relação ao aplicativo e por persistir as informações geradas no banco de dados, respectivamente.

Quando o aplicativo é executado é preciso que o provedor de serviços da plataforma JADE já esteja rodando no main container para permitir que o agente da aplicação móvel se conecte a ele com sucesso.

Para implementar o conceito de mapeamento colaborativo no aplicativo, é essencial que os usuários possam interagir com a aplicação. Assim, cada cidadão atuara como um sensor, inserindo pontos de alagamentos que observassem em sua rota. Para viabilizar esse conceito de participação foram utilizadas as API do Google Maps v.2, ferramenta que permite que as pessoas insiram pontos notáveis (marcadores) diretamente no mapa, e a API de Geocoding, responsável por associar um endereço composto de rua e bairro em pontos de geolocalização. A Figura 4 apresenta as telas que permitem aos usuários inserirem suas contribuições.

A primeira tela da Figura 4, LocalidadeActivity, é responsável por chamar o webservice REST da API do Geocoding passando como parâmetros o nome da rua e do bairro que a pessoa gostaria de informar o alagamento. Como essa activity interage com um recurso externo à aplicação, para garantir a usabilidade do produto é importante exibir uma mensagem para mostrar que a operação está em andamento (segunda tela da Figura 4). Se a API retornar um resultado referente ao endereço pesquisado, a tela PontoAlagamentoActivity exibe suas coordenadas geográficas usando um marcador vermelho no ponto central da rua (terceira tela da Figura 4). O usuário pode reposicionar o marcador para o local exato do alagamento, e assim garantir mais confiabilidade aos dados voluntários gerados.

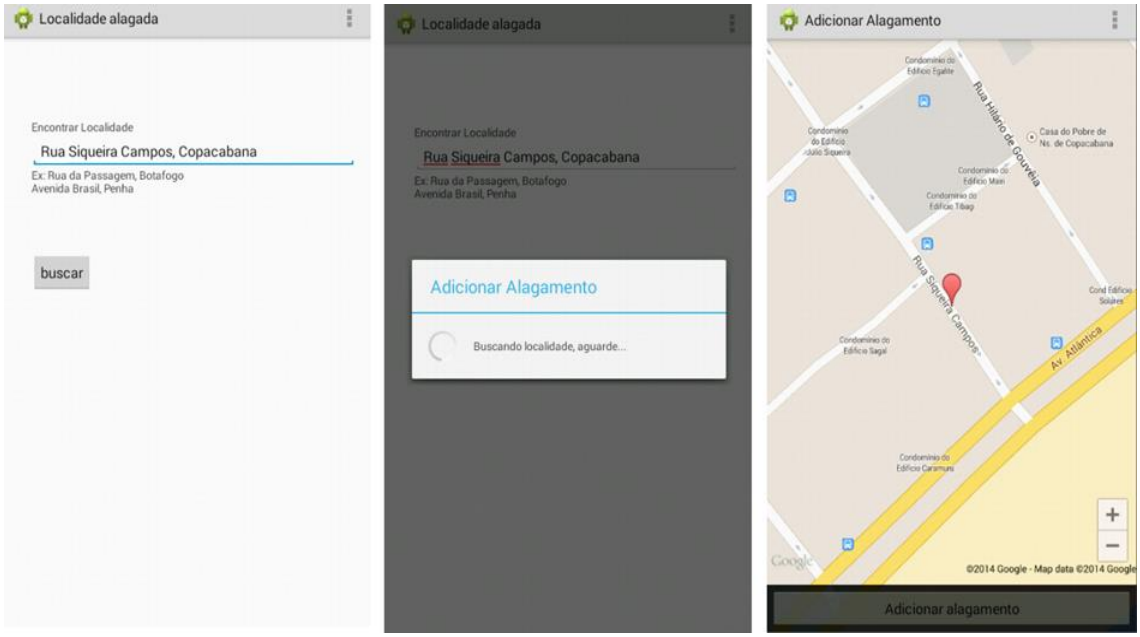

Figura 4 – As duas telas da LocalidadeActivity e a tela PontoAlagamentoActivity, respectivamente

Os usuários podem consultar o aplicativo utilizando o nome da rua, ou o bairro (Figura 5). Os pontos de alagamento são assinalados na tela.

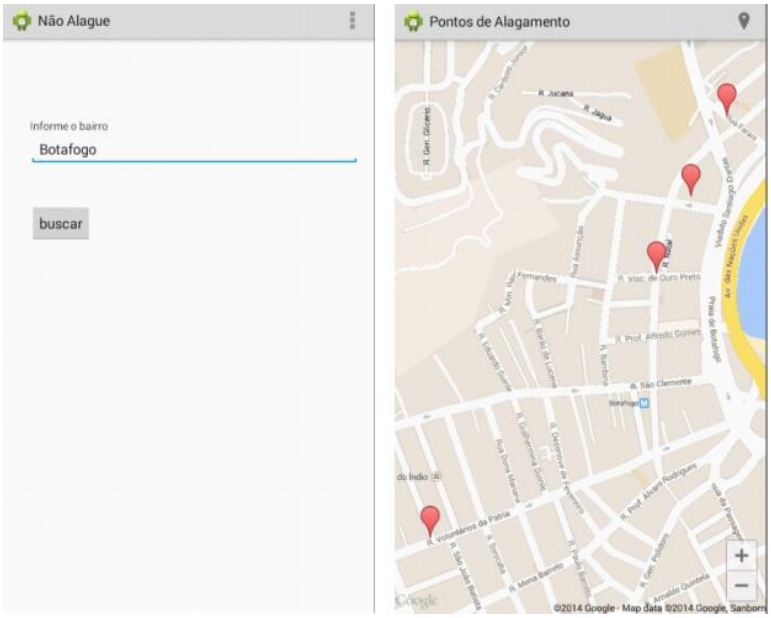

Figura 5 – Imagens das telas de consultas do aplicativo (Telas MainActivity e MapaActivity, respectivamente)

7. Avaliação

Em relação à usabilidade do aplicativo, procurou-se verificar aspectos associados à organização da interface e à facilidade de uso [Preece,2005]. Também foi avaliado se os usuários teriam interesse em contribuir voluntariamente na geração de informações de valor para outros usuários, assim como, se teriam interesse em usar o aplicativo. Foi definida então, uma avaliação simples, considerando a observação do produto por parte dos usuários e solicitação de suas opiniões, de modo a perceber suas expectativas e impressões iniciais em relação ao sistema interativo colaborativo "Não-Alague".

Um vídeo das funcionalidades do aplicativo foi apresentado aos participantes e em seguida, eles responderam a 4 perguntas sobre perfil e classificaram 8 afirmativas considerando uma escala de Likert com 5 opções, variando entre "Discordo fortemente" e "Concordo Fortemente". De início, 3 alunos de um curso de graduação realizaram as primeiras avaliações. Em seguida, eles levaram o vídeo para que pessoas de seus círculos de amizades respondessem ao questionário. As perguntas foram disponibilizadas no Google-Forms na Web. Os resultados são apresentados a seguir.

Dentre os 12 participantes, 75% eram do sexo masculino. A média de idade foi de 36 anos, com prevalência na faixa de 25 a 35 anos (74%). Um participante (8,3%) tinha nível fundamental incompleto, sendo que 67% dos participantes possuíam nível superior completo ou incompleto.

Perguntados se teriam interesse em usar o aplicativo no papel de fornecedores de informação, 50% concordaram fortemente, enquanto 25% dos participantes responderam que concordavam fracamente e 25% que não concordavam, nem discordavam. Quando consultados se teriam interesse em usar o aplicativo como receptor de informações, 83% responderam que concordavam fortemente, enquanto 16% concordavam fracamente. Ou seja, a maioria quer receber as informações, mas o interesse em fornecer as informações é menor, confirmando as observações de Haworth (2016) sobre a baixa adesão das

pessoas em processos de construção coletiva de informações e ressaltando a importância de se incentivar a cultura da cooperação

Em relação à organização da interface, 75% julgaram que sua organização gráfica e uso de ícones é de fácil compreensão, sendo que 83% julgaram que o aplicativo é fácil de usar. A ocorrência de vários pontos de inundação assinalados na tela provocou um maior número de discordância em relação à clareza das informações apresentadas, somente 59% julgaram que as informações estão apresentadas de maneira clara. Talvez, isso se deva a dificuldade de enxergar os nomes das ruas nos mapas visualizados em telas de smartphones.

De maneira geral, consideramos que os resultados da avaliação foram positivos, sendo que foram sugeridos poucos aspectos que precisam ser melhorados, com destaque para a questão da visualização dos nomes das ruas.

8. Conclusões

Em geral, a cidade do Rio de Janeiro, principalmente entre os meses de novembro e março, enfrenta intensas chuvas e suas possíveis implicações, sendo uma delas o alagamento urbano. A falta de um sistema eficiente, que sinalize de maneira rápida as ocorrências de alagamento para a população carioca, motivou a realização deste trabalho.

Em um cenário onde as tecnologias computacionais e de comunicação avançam constantemente, um desafio foi selecionar dentre tecnologias emergentes, aquelas que melhor viabilizariam a criação de um ambiente de construção cooperativa de informações. Os estudos realizados sobre os temas envolvidos e o desenvolvimento do aplicativo Não-Alague, mostrou a viabilidade da integração proposta, aportando aspectos de inovação tecnológica para este domínio. Os resultados da avaliação apontaram a relevância das contribuições, evidenciando que a participação ativa de cidadãos pode construir e disseminar conhecimentos relevantes para a população.

Em relação aos trabalhos correlatos, este aplicativo usou um banco de dados mais específico para aplicações móveis com grande quantidade de dados. Já em relação ao trabalho correlato mais próximo, o "Pontos de Alagamento de São Paulo", o aplicativo Não-Alague, explora a arquitetura de agentes, que abre possibilidades de integração de novas funcionalidades sem necessidade de alterações profundas na estrutura do programa. Além disso, o Não-Alague possui mecanismos que possibilitam a confirmação dinâmica das informações recebidas dos usuários, com aquelas fornecidas pelo sistema Alerta-Rio. Mas, o sistema de São Paulo possui uma classificação de intensidade do alagamento, que não foi considerada no sistema Não-Alague.

Considerando a evolução do aplicativo é importante atentar para uma limitação existente no modelo atual. As estações pluviométricas do sistema Alerta Rio só medem 33 pontos específicos da cidade do Rio de Janeiro. Sendo assim, é necessário estender as medições, por meio de modelos matemáticos, para os bairros vizinhos.

Como ameaças a validade da aplicação temos a questão da consistência das informações fornecidas pelos usuários, que neste caso, podem ser validadas pelas informações obtidas do sistema Alerta Rio.

Uma sugestão de trabalho futuro seria a introdução de um novo agente no módulo servidor, com a capacidade de fazer previsão dos pontos de alagamento, baseando-se em

dados históricos armazenados em bases de dados, usando técnicas de aprendizado de máquina.

9. Referências

Alerta Rio. Acessado em: Abril 2018. Disponível em: http://www.sistema-alerta-rio.com.br/.

Duran- Faundez, C., Ramos, M., & Rodriguez, P. (2015). "Applying Gaia and AUML for the development of multiagent- based control software for flexible manufacturing systems: addressing methodological and implementation issues". Software: Practice and Experience, 45(12), 1719-1737.

Bellifemine, F., Caire, G., and Greenwood, D. (2007). Developing Multi-Agent Systems with JADE (1st. ed). Wiley, Chichester, West Sussex.

JADE Acessado em: Abril 2018. Disponível em: http://jade.tilab.com.

Ciriaco, D. (2017). "Android cresce, iOS diminui e Windows Phone quase some, aponta relatório". Acessado em: Abril 2018. Disponível em: https://www.tecmundo.com.br/dispositivos-moveis/119411-android-ios-windows-phone-mercado.htm.

Crowdmap. 2018. Acessado em: Jan. 2018. Disponível em: https://crowdmap.com.

Fotache, M. and Cogean, D. (2013). "NoSQL and SQL Databases for Mobile Applications Case Study: MongoDB versus PostgreSQL". Informatica Economica, 17 (2), 41-58. DOI=http://dx.doi.org/10.12948/issn14531305/17.2.2013.04.

Freeman, J. (2013). "Use MongoDB to make your app location-aware. InfoWorld". Acessado em: Abril 2018. Disponível em: http://www.infoworld.com/d/application-development/use-mongodb-make-your-app-location-aware-229403.

Furtado, V. et al. (2008). "WikiCrimes: Um Sistema Colaborativo para Mapeamento Criminal". In Proceedings of Congresso Tecnológico Infobrasil TI & Telecom (Fortaleza, Brasil, 2008). InfoBrasil, Fortaleza, CE.

Gatti, M. A. C, Von Staa, A. and Lucena, C. J. P. (2007). AUML-BP: a basic agent oriented software development process model using AUML. Technical Report. PUC-Rio, Departamento de Informática, Rio de Janeiro, RJ, 25.

Goodchild, M. F. and Glennon, J. A. (2010). "Crowdsourcing geographic information for disaster response: a research frontier". International Journal of Digital Earth, 3 (3), 231-241. DOI=https://doi.org/10.1080/17538941003759255.

Haworth, B. (2016). "Emergency management perspectives on volunteered geographic information: Opportunities, challenges and change". Computers, Environment and Urban Systems, 57, 189-198. DOI=http://dx.doi.org/10.1016/j.compenvurbsys.2016.02.009.

Haklay, M. et al. (2014). Crowdsourced Geographic Information Use in Government. Technical Report to GFDRR. World Bank, London, UK.

Hirata, E. et al. (2013). Mapeamento dinâmico e colaborativo de alagamentos na cidade de São Paulo. Boletim de Ciências Geodésicas, 19 (4), 602-623. DOI=http://dx.doi.org/10.1590/S1982-21702013000400006.

IBGE. Cidades: Rio de Janeiro. Acessado em: Abril 2018. Disponível em: http://cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?codmun=330455

Jain, M., An, B. and Tambe, M. (2012). "An Overview of Recent Application Trends at the AAMAS Conference: Security, Sustainability and Safety". AI Magazine, 33 (3), 14-28. DOI=https://doi.org/10.1609/aimag.v33i3.2420.

Kemp, S. (2017). "The incredible growth of the internet over the past five years: explained in detail". We are Social. Acessado em: Abril 2018. Disponível em: http://wearesocial.com/uk/blog/2017/03/incredible-growth-internet-past-five-years-explained-detail.

Lecheta, R. R. (2010). Google Android: aprenda a criar aplicações para dispositivos móveis com o Android SDK (2nd. ed). Novatec Editora, São Paulo, SP.

Macalão, P. R. (2013). Check in2 Poa: um aplicativo Android para turistas em Porto Alegre. Monografia de Graduação. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS.

Meier, P. (2012). "Crisis Mapping in Action: How Open Source Software and Global Volunteer Networks Are Changing the World, One Map at a Time". Journal of Map & Geography Libraries: Advances in Geospatial Information, 8 (2), 89-100. DOI=https://doi.org/10.1080/15420353.2012.663739.

Miguel, S. B. and Carneiro, F. C. F. (2013). "Repositório de Dados Relacional ou NoSQL?", Java Magazine, (144), 6-19.

OpenStreetMap. Acessado em: Abril 2018. Disponível em: https://www.openstreetmap.org/#map=4/-15.13/-53.19.

O'Reilly. (2015). "What 50 million users in 7 days can teach us about big data". Strata + Hadoop NYC Conference. Acessado em: Abril 2018. Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=8W0yKdDzk_Y&feature=youtu.be.

Pérez Blanco, C. (2013). NoSQL databases in cross-platform development. Master's thesis. Tampere University of Technology, Tampere, 2013.

Poiani, T. et al. (2016). "Potential of Collaborative Mapping for Disaster Relief: A Case Study of OpenStreetMap in the Nepal Earthquake 2015". In Proceedings of Hawaii International Conference on System Sciences (Koloa, USA, March 10, 2016). IEEE, Piscataway, NJ, 188-197. DOI=http://dx.doi.org/10.1109/HICSS.2016.31.

Preece, J., Rogers, Y., Sharp, H. (2005). Design de Interação: Além da Interação Humano Computador. Porto Alegre, Bookman.

Rocha, A. L. C. et al. (2013). "YouOnAlert: Um Sistema para Alertar Cidadãos Comuns Acerca de Problemas do Cotidiano das Cidades". In Proceedings of Simpósio Brasileiro de Computação Ubíqua e Pervasiva, DOI=http://dx.doi.org/10.13140/RG.2.1.1955.6083.

Russell, S. J. and Norvig, P. (2013). Artificial intelligence: a modern approach (3rd ed). Prentice Hall, Upper Saddle River, NJ.

Santana, V. D., Silva, J. S., da Mata Ribeiro, H. L., Arantes, A. J. R., da Silva, O. C., and Alves, L. L. (2016). "InfoDengue: Ferramenta Colaborativa de Combate e Prevenção

à Dengue". In Proceedings of Computer on the Beach (Florianópolis, Brasil, April 08-10, 2016). 530-533.

See, L. et al. (2016). "Crowdsourcing, Citizen Science or Volunteered Geographic Information? The Current State of Crowdsourced Geographic Information". ISPRS Int. J. Geo-Inf, 5 (5), 55. DOI=http://dx.doi.org/10.3390/ijgi5050055.

Shirky, C. (2011). A cultura da participação: criatividade e generosidade no mundo conectado (1st. ed). Zahar, Rio de Janeiro, RJ.

Souza, W. D. et al. (2012). "Informação Geográfica Voluntária no Pantanal: Um sistema Web colaborativo utilizando a API Google Maps". In Proceedings of Simpósio de Geotecnologias no Pantanal. 763-772.

Stefanidis, A., Crooks, A. and Radzikowski, J. (2013). "Harvesting ambient geospatial information from social media feeds". GeoJournal, 78 (2), 319-338. DOI=https://doi.org/10.1007/s10708-011-9438-2.

Spyratos, S., Lutz, M. and Pantisano, F. (2014). "Characteristics of citizen-contributed geographic information". In Proceedings of Agile International Conference on Geographic Information Science. Agile Digital Editions.

Truong, Q. T., Touya, G., and de Runz, C. (2017). "Building Social Networks in Volunteered Geographic Information Communities: What Contributor Behaviours Reveal About Crowdsourced Data Quality". In Proceedings of Workshops and Posters at the 13th International Conference on Spatial Information Theory. Springer, 125-131. DOI=https://doi.org/10.1007/978-3-319-63946-8_25.

Ughetti, M., Trucco, T. and Gotta, D. (2008). "Development of agent-based, peer-to-peer mobile applications on ANDROID with JADE". In Proceedings of International Conference on Mobile Ubiquitous Computing, Systems, Services and Technologies, IEEE, 287-294. DOI=http://dx.doi.org/10.1109/UBICOMM.2008.72.

Waze. Acessado em: Abril 2018, Disponível em: https://www.waze.com/?locale=pt-BR.

Wikimapia. Acessado em: Abril 2018. Disponível em: http://wikimapia.org/.

Wooldridge, M. J. (2009). An introduction to multiagent systems (2nd. ed). Wiley, Chichester, West Sussex.